

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 623 430**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01)
C22C 38/42	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)
C22C 38/44	(2006.01)
C21D 8/06	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.11.2007 PCT/CH2007/000558**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **22.05.2008 WO08058410**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.11.2007 E 07816241 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.01.2017 EP 2089552**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación en continuo de acero en alambre o barras**

30 Prioridad:

17.11.2006 CH 18482006

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

11.07.2017

73 Titular/es:

**SWISS STEEL AG
EMMENWEIDSTRASSE 90
6020 EMMENBRÜCKE, CH**

72 Inventor/es:

**CHABBI, LOTFI y
URLAU, ULRICH**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 623 430 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la fabricación en continuo de acero en alambre o barras

Campo técnico

La invención se refiere a un procedimiento para la fabricación continua de acero en alambre o barras.

5 **Estado de la técnica**

En la fabricación de aceros en alambre o barras existe una necesidad continua de mejorar los procesos que particularmente están optimizados con respecto a los costes, la logística, pero también con respecto a las propiedades de los productos. Un planteamiento importante para la optimización de los procesos radica en el acortamiento del proceso de producción, que por ejemplo puede conseguirse mediante el ahorro de tratamientos térmicos (véase Ball, J. et al., "Prozessverkürzung durch Einsparung von Wärmebehandlungen bei der Herstellung von Draht und Stab", Stahl und Eisen 11(1997) núm. 4, pág. 59 - 67). En particular se mostró que mediante una laminación con temperatura controlada en determinados aceros puede ahorrarse el tratamiento térmico para el recocido con cementita esferoidal GKZ o puede obtenerse una estructura de recocido de mejor calidad y que en el caso de ciertos aceros puede omitirse el tratamiento de temple y revenido. El documento "Energy saving production of medium carbon Steel wires with spherical cementite", 22.06.194, da a conocer un procedimiento en el que se procesan aceros con un contenido de carbono medio alto de 0,2 a 0,5 % en peso como sigue: a) inicialmente se lleva a cabo una primera conformación en caliente mediante laminación a una temperatura entre $A_{c3} + 1000$ y A_{c3} , ascendiendo el grado de conformación total a al menos 50 %; b) después el material laminado se enfría a una temperatura entre $A_{c3} + 1000$ y A_{c3} y se lleva a cabo una segunda conformación en caliente, ascendiendo el grado de conformación total a al menos 20 %; c) después el material laminado se enfría a una temperatura entre $A_{c3} + 1000$ y A_{r1} y se lleva a cabo una tercera conformación en caliente hasta la dimensión final, ascendiendo el grado de conformación total a al menos 25 %; d) finalmente el material laminado se lleva a un horno con una temperatura entre A_{c1} y $A_{c1} - 1000$ y allí se mantiene al menos 30 minutos, para después enfriarse a temperatura ambiente.

En el documento CN 1088265 A se describe un procedimiento de tipo genérico en el que se procesan aceros con un contenido de carbono medio alto de 0,26 a 0,5 % en peso como sigue:

- a) inicialmente se lleva a cabo una primera conformación en caliente mediante laminación a una temperatura entre $A_{c3} + 100$ °C y A_{c3} , ascendiendo el grado de conformación total a al menos 50 %;
- b) después el material laminado se enfría a una temperatura entre $A_{r3} + 100$ °C y A_{r3} y se lleva a cabo una segunda conformación en caliente, ascendiendo el grado de conformación total a al menos 20 %;
- c) después el material laminado se enfría a una temperatura entre A_{r3} y A_{r1} y se lleva a cabo una tercera conformación en caliente hasta la dimensión final, ascendiendo el grado de conformación total a al menos 25 %;
- d) finalmente el material laminado se lleva a un horno con una temperatura entre A_{c1} y $A_{c1} - 100$ °C y allí se mantiene al menos 30 minutos, para después enfriarse a temperatura ambiente.

El procedimiento anterior está caracterizado porque la conformación final siempre se realiza en el campo de dos fases y porque después de la conformación final siempre es necesario un recalentamiento o en el mejor de los casos un mantenimiento a la temperatura de laminación final. La transición para la temperatura de mantenimiento técnico no se realiza por lo tanto durante el proceso de enfriamiento (cf. transición de (6) a (7) en la figura 2 del documento CN 1088265 A).

Representación de la invención

El objetivo de la invención es indicar un procedimiento mejorado para la fabricación continua de acero en alambre o barras que permita un buen control de las propiedades de los productos del procedimiento y al mismo tiempo simplifique la dirección del proceso.

Este objetivo se consigue mediante el procedimiento definido en la reivindicación 1.

El procedimiento de acuerdo con la invención incluye los siguientes pasos de procedimiento:

- a) en una primera etapa de procedimiento un acero con una proporción de peso de 0,02 a 0,65 % de carbono y hasta 0,15 % de silicio, 0,25 hasta 1,5 % de manganeso, hasta 0,035 % de fósforo, hasta 0,004 % de azufre, hasta 0,5 % de molibdeno, hasta 1,7 % de cromo, hasta 0,25 % de cobre, hasta 0,008 % de boro, hasta 0,2 % de níquel y hasta 0,25 % de vanadio así como mezclas adicionales habituales en el acero se calienta a 1'050 hasta 1'200 °C, a continuación se lleva a cabo una primera conformación en caliente mediante laminación a una temperatura por encima de la temperatura de recristalización, ascendiendo el grado de conformación total en la primera conformación en caliente a al menos 60 %;

b) en una segunda etapa de procedimiento el material laminado se enfría por debajo de la temperatura de

recristalización y después se efectúa una conformación final a una temperatura en el intervalo de la austenita no recristalizada, en el que el enfriamiento se lleva a cabo de tal manera que en el material laminado antes de la conformación final se impide un posible crecimiento de granos de la austenita y el grado de conformación total en la conformación final asciende a al menos 30 %; y

- 5 c) en una tercera etapa de procedimiento el material laminado sin recalentamiento se enfría hasta una temperatura de mantenimiento en caliente predeterminada alrededor de la temperatura Ar_1 y durante un tiempo de mantenimiento en caliente predeterminado se deja a dicha temperatura de mantenimiento en caliente.

Sorprendentemente se halló que los productos fabricados con el procedimiento de acuerdo con la invención después del enfriamiento a temperatura ambiente para una conformación en frío posterior sin recocido.

- 10 Por lo tanto, a diferencia de los procedimientos convencionales no es necesario calentar de nuevo el acero en alambre o barras generado. Además se ha descubierto que el tiempo de mantenimiento en caliente que va a aplicarse en la tercera etapa de procedimiento del procedimiento de acuerdo con la invención es claramente más corto que la duración del tratamiento térmico posterior en los procedimientos convencionales. Como resultado por lo tanto la duración de proceso y la cadena de proceso en el procedimiento de acuerdo con la invención son
15 claramente más cortos que en los procedimientos convencionales.

- En oposición al procedimiento descrito en el documento CN 1088265 A en el procedimiento de acuerdo con la invención son necesarias solo dos etapas de conformación en lugar de tres. Con ello se alcanza inicialmente que entre las etapas de conformación se requiera solamente un único enfriamiento intermedio controlado en lugar de tales enfriamientos. Esto simplifica el procedimiento y la instalación necesaria para el mismo. Además en el
20 procedimiento de acuerdo con la invención la transición a la temperatura de mantenimiento en caliente se realiza directamente durante el proceso de enfriamiento. Un recalentamiento a la temperatura de mantenimiento en caliente por lo tanto no es necesario, lo que permite no solo una simplificación del proceso, sino también un ahorro de energía.

En las reivindicaciones dependientes se definen formas de realización preferidas del procedimiento.

- 25 En particular el procedimiento de acuerdo con la invención es adecuado por un lado para aceros con un porcentaje de peso comparativamente bajo de 0,02 a 0,2 % de carbono, así como hasta 0,25 % de molibdeno y hasta 0,008 % de boro; por otro lado sin embargo es adecuado también para aceros con un porcentaje de peso de medio a alto de 0,2 a 0,65 % de carbono, así como 0,25 a 0,50 % de molibdeno y hasta 1,7 % de cromo. En este caso la temperatura de mantenimiento en caliente puede seleccionarse como se explica a continuación.

- 30 En el caso procedimiento preferido según la reivindicación 2 el acero presenta una proporción de peso de 0,02 a 0,2 % de carbono y hasta 0,15 % de silicio, 0,25 hasta 1,0 % de manganeso, hasta 0,025 % de fósforo, hasta 0,004 % de azufre, hasta 0,25 % de molibdeno, hasta 0,1 % de cromo, hasta 0,25 % de cobre, hasta 0,008 % de boro, hasta 0,2 % de níquel y hasta 0,1 % de vanadio, situándose la temperatura de mantenimiento en caliente esencialmente en Ar_1^e .

- 35 Por consiguiente el acero en el caso del procedimiento preferido según la reivindicación 3 presenta una proporción de peso de 0,2 a 0,65 % de carbono y hasta 0,15 % de silicio, de 0,25 hasta 1,0 % de manganeso, hasta 0,035 % de fósforo, hasta 0,004 % de azufre, de 0,25 hasta 0,50 % de molibdeno, hasta 1,7 % de cromo, hasta 0,25 % de cobre, hasta 0,2 % de níquel y hasta 0,1 % de vanadio, situándose la temperatura de mantenimiento en caliente esencialmente en el intervalo de Ar_1^b a Ar_1^e .

- 40 En este caso Ar_1^b y Ar_1^e designan de manera conocida el comienzo (índice superior "b") o el final (índice superior "e") de la transformación de austenita-perlita en la dirección de enfriamiento (indicando "r" "*refroidissement*" (enfriamiento)).

Según una forma de realización preferida la conformación final se lleva a cabo a una temperatura por encima de Ar_3 .

- 45 En particular según la reivindicación 4 la conformación final se lleva a cabo en como máximo $Ar_3 + 60$ °C. Por ello el tiempo de mantenimiento en caliente necesario en comparación con den procedimientos de laminación conocidos puede bajar aproximadamente a la mitad.

Según una forma de realización adicional la conformación final se lleva a cabo a una temperatura escasamente por debajo de Ar_3 . En particular según la reivindicación 5 la conformación final se lleva a cabo a una temperatura en el intervalo de Ar_1 a Ar_3 , no siendo la temperatura de conformación final inferior a 690 °C. Esto permite un acortamiento
50 adicional del tiempo de mantenimiento en caliente necesario hasta aproximadamente un octavo con respecto a los procedimientos de laminación conocidos.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describen con más detalle ejemplos de realización de la invención mediante los dibujos, en este caso muestran:

- 55 la figura 1 un dispositivo para la fabricación continua de acero en alambre o barras, en representación

esquemática, en vista en planta;

la figura 2 un perfil de temperatura-tiempo para un procedimiento de laminación según el estado de la técnica;

5 la figura 3 un perfil de temperatura-tiempo para una primera forma de realización del procedimiento de laminación de acuerdo con la invención;

la figura 4 un perfil de temperatura-tiempo para una segunda forma de realización del procedimiento de laminación de acuerdo con la invención; y

la figura 5 estructuras de muestras templadas después de la última pasada en función de la temperatura de laminación final (acero C).

10 **Modos de realización de la invención**

El dispositivo de laminación mostrado en la figura 1 presenta medios de avance no representados en detalle para una barra de acero 2 que transporta a esta en una dirección de empuje V a través del dispositivo. Tal como se explica a continuación con más detalle se emplean ciertos grupos constructivos del dispositivo de laminación solo para ciertas dimensionales finales, o según la dimensión final se asume una cierta función del uno o de los demás grupos constructivos. Inicialmente sin embargo se describe en general la operación de laminación.

15 Desde un horno 4 con una temperatura de 1'050 a 1'200 °C la barra de acero 2 llega a un primer dispositivo de conformación en caliente 6, donde tiene lugar una primera conformación en caliente mediante laminación a una temperatura por encima de la temperatura de recristalización. Según la dimensión final la primera conformación en caliente se realiza mediante seis a veinte pasadas a una temperatura por encima de 950 °C.

20 A continuación la barra de acero atraviesa un primer dispositivo de enfriamiento 8 (para acero en barra) o 8a (para alambre), por medio del cual se enfría por debajo de la temperatura de recristalización. Después la barra de acero llega a un segundo dispositivo de conformación en caliente 10 (para acero en barra) o 10a (para alambre), donde se efectúa una conformación final a una temperatura en el intervalo de la austenita no recristalizada.

25 Finalmente la barra de acero se alimenta opcionalmente a una estación de alambre 14 o a una estación de barra 16. Estas estaciones están equipadas con segundos dispositivos de enfriamiento 18 (para alambre) o 20 (para acero en barra) así como con dispositivos de mantenimiento técnico no representados en detalle para el producto de laminación cortado a medida en forma de anillos de alambre o de barras.

30 En la fabricación de acero en barra se forma el primer dispositivo de laminación en caliente 6 mediante un primer grupo de caja 22. En el caso del acero en barra comparativamente grueso como primer dispositivo de enfriamiento 8 sirve un enfriamiento con agua 24 directo en la zona del primer grupo de caja 22. Para acero en barra comparativamente delgado como primer dispositivo de enfriamiento 8 se emplea un circuito de espera 26 con enfriamiento continuo 28. En caso necesario pueden emplearse también ambas variantes de enfriamiento. El segundo dispositivo de laminación en caliente 10 puede estar formado como en la disposición mostrada en este caso mediante un segundo grupo de caja 30 subordinado. A continuación la barra de material laminado llega a la estación de barra 16, que como ya se ha mencionado incluye un segundo dispositivo de enfriamiento 20.

35 En la fabricación de alambre con un diámetro de por ejemplo hasta 22 mm el primer dispositivo de laminación en caliente 6 comprende el primer grupo de caja 22 y el segundo grupo de caja 30, El primer dispositivo de enfriamiento 8a está configurado en este caso como circuito de espera 32 subordinado que de manera ventajosa comprende un enfriamiento con agua 34. El segundo dispositivo de laminación en caliente 10a se forma mediante un tercer grupo de caja 36 subordinado. A continuación la barra de material laminado llega a la estación de alambre 14, que tal como se mencionó incluye un segundo dispositivo de enfriamiento 18.

Las figuras 2 a 4 muestran mediante los perfiles de temperatura-tiempo decisivos una comparación entre un procedimiento de laminación conocido previamente (figura 2) y dos variantes del procedimiento de acuerdo con la invención (figuras 3 y 4).

45 En el caso del procedimiento conocido previamente según la figura 2 la barra de acero se calienta inicialmente a alrededor de 1'150 °C. Después se lleva a cabo una conformación en caliente mediante laminación a una temperatura por encima de 950 °C, lo cual se sitúa por encima de la temperatura de recristalización. En el ejemplo mostrado esto se realiza mediante 6 pasadas. A continuación, el material laminado, según la dimensión final o estación de laminación, se enfría dentro de 5 a 10 s a de 820 a 920 °C y después con una velocidad de enfriamiento de 0,3 a 1,9 °C/s a temperatura ambiente. El producto obtenido de esta manera no es adecuado para el procesamiento posterior en frío, sino que para ello es necesario un tratamiento térmico de varias horas. Por ejemplo el producto debe calentarse de nuevo a una temperatura de 680 a 720 °C y mantenerse normalmente por ejemplo durante 14 horas a esta temperatura. El producto tratado posteriormente de este modo puede enfriarse finalmente a temperatura ambiente y está disponible entonces para el procesamiento adicional en frío.

En los procedimientos de las figuras 3 y 4 inicialmente se lleva a cabo una primera conformación en caliente por encima de la temperatura de recrystalización, ascendiendo el grado de conformación en esta etapa de procedimiento a al menos 60 %. A continuación el material laminado sin embargo – a diferencia del procedimiento anteriormente expuesto de la figura 2 – se enfría inicialmente por debajo de la temperatura de recrystalización y después se efectúa una conformación final a una temperatura en el intervalo de la austenita no recrystalizada. El grado de conformación total en la conformación final asciende a al menos 30 % y se realiza en los ejemplos mostrados mediante dos pasadas. Es esencial que el enfriamiento se lleve a cabo por debajo de la temperatura de recrystalización de tal manera que en el material laminado antes de la conformación final no tenga lugar ningún crecimiento de granos de la austenita.

- 5
- 10
- 15

En la variante de la figura 3 la conformación final se realiza a una temperatura que se sitúa por encima de Ar_3 ; en la variante de la figura 4 la temperatura de laminación final es todavía más baja y se sitúa escasamente por debajo de Ar_3 en el intervalo entre Ar_1 y Ar_3 . Tal como se indica en las figuras 3 y 4 esquemáticamente la conformación final según estación de laminación, dimensión o velocidad de laminación podría provocar un recalentamiento del material de laminación. Esta circunstancia debe considerarse, es decir debe evitarse que la temperatura suba de nuevo provisionalmente por encima de la temperatura de laminación final deseada.

- 20
- 25

En una tercera etapa de procedimiento el material laminado esencialmente se enfría a la temperatura Ar_1 , por ejemplo a de 680 a 720 °C y después se deja a esta temperatura de mantenimiento en caliente durante un tiempo de mantenimiento en caliente determinado. Un proceso de recalentamiento por consiguiente no es necesario. Finalmente el producto se enfría a temperatura ambiente.

El tiempo de mantenimiento en caliente se determina en ensayos previos. Se seleccionad de manera que las propiedades de los productos después del enfriamiento a temperatura ambiente pueden compararse con aquellas después de la laminación convencional y tratamiento térmico adicional. Con ello se alcanza que el producto pueda procesarse adicionalmente en frío sin tratamiento térmico adicional.

Tal como se desprende de la comparación de la figura 3 y 4 mediante la bajada de la temperatura de laminación final combinada con un proceso de enfriamiento modificado de manera encauzada puede alcanzarse un acortamiento del tiempo de mantenimiento en caliente necesario que en el caso de la figura 3 asciende más o menos a 7 horas y en el caso de la figura 4 únicamente solo de 2 a 4 horas.

- 30
- 35

Se entiende que para el ajuste de las condiciones descritas el dispositivo de laminación ha de dimensionarse o configurarse de manera correspondiente. En particular las operaciones de enfriamiento controladas se realizan por medio de enfriamientos con agua y dado el caso por medio de circuitos de espera. Además según el tipo y dimensión del producto que va a producirse (es decir acero en alambre, acero en barra) se seleccionan diferentes cantidades y posiciones de las cajas de laminación. El mantenimiento en caliente se realiza igualmente dependiendo del tipo de producto – en dispositivos de mantenimiento en caliente adecuados.

Fundamentalmente el procedimiento descrito para aceros puede emplearse con una proporción de peso de 0,02 a 0,65 % de carbono y hasta 0,15 % de silicio, de 0,25 hasta 1,5 % de manganeso, hasta 0,035 % de fósforo, hasta 0,004 % de azufre, hasta 0,5 % de molibdeno, hasta 1,7 % de cromo, hasta 0,25 % de cobre, hasta 0,008 % de boro, hasta 0,2 % de níquel y hasta 0,25 % de vanadio, así como mezclas adicionales habituales en el acero. Tres ejemplos para tales composiciones se indican en la tabla 1.

Tabla 1: composiciones de acero en % en peso

Acero	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Al	Cu	B	N
A	0,09	0,08	0,36	0,004	0,005	0,06	0,06	0,008	0,026	0,07	-	0,011
B	0,21	0,05	0,97	0,005	0,009	0,05	0,03	0,007	0,021	0,08	0,003	0,008
C	0,43	0,08	0,74	0,005	0,030	0,06	1,07	0,215	0,021	0,08	-	0,009

- 40
- Ejemplos**
- Los siguientes ejemplos se llevaron a cabo en una instalación de ensayos. En todos los casos se respetó el tiempo de tratamiento térmico o tiempo de mantenimiento en caliente necesario mínimo determinado en ensayos previos, que lleva a un producto que puede tratarse en frío. Sin embargo, dado que en la instalación de ensayos no se depositaron al final ningún anillo de alambre o barras largas los tiempos de tratamiento térmico necesarios o tiempos de mantenimiento en caliente en los presentes ejemplos son claramente más cortos que en la instalación de producción correspondiente. Por consiguiente los tiempos de tratamiento térmico o tiempos de mantenimiento en
- 45

caliente indicados a continuación son aproximadamente en el factor 3,5 más cortos que en la instalación de producción.

Ejemplo de comparación 1 (estado de la técnica)

5 Un acero con la composición química "A" según la tabla 1 se calentó a 1'150 °C y a continuación se laminó en 6 pasadas, ascendiendo el diámetro inicial a 38 mm y el diámetro final a 17,2 mm. Esto corresponde a un grado de conformación total de 80 %. En este caso la temperatura de laminación final se situó en aproximadamente 980 °C. A continuación el material laminado se enfrió en 6 segundos a de 820 a 960 °C y después con una velocidad de enfriamiento de 0,3 a 1,9 °C/s (según la estación de laminación) a temperatura ambiente. El producto obtenido de esta manera se sometió a continuación a un tratamiento térmico a 680 °C durante 4 horas.

10 **Ejemplo 1**

Un acero con la misma composición que en el ejemplo de comparación 1 se calentó a 1'150 °C y a continuación se laminó en 4 pasadas, ascendiendo el diámetro inicial a 38 mm y el diámetro final a 23,8. Esto corresponde a un grado de conformación total en la primera conformación en caliente de 60 %. En este caso la temperatura se situaba tras la 4ª pasada en aproximadamente 1'020 °C. A continuación el material laminado se laminó tras un enfriamiento intensivo en 13 segundos en 4 pasadas adicionales de 23,8 a 17,2 mm. Esto corresponde a un grado de conformación total en la conformación final de 47 %. En este caso la temperatura de laminación final era de 880 °C, lo cual se sitúa aproximadamente a 20 °C por encima de Ar₃. Después de la última pasada el material laminado se enfrió en 6 segundos a 680 °C, lo que corresponde esencialmente a Ar₁^e, y se dejó durante 2 horas a esta temperatura

20 **Ejemplo 2**

Un acero con la misma composición que en el ejemplo de comparación 1 se calentó a 1'150 °C y a continuación se laminó en 4 pasadas, ascendiendo el diámetro inicial a 38 mm y el diámetro final a 23,8 mm. En este caso la temperatura tras la 4ª pasada se situó en aproximadamente 1'020 °C. A continuación el material laminado tras un enfriamiento intensivo en 13 segundos se laminó en 2 pasadas adicionales de 23,8 a 17,2 mm. La temperatura de laminación final era de 850 °C lo que se sitúa escasamente aproximadamente a 10 °C por debajo de Ar₃. Después de la última pasada el material laminado se enfrió en 6 segundos a 680 °C lo que corresponde esencialmente a Ar₁^e, y se dejó durante 1 hora a esta temperatura.

30 Las propiedades mecánicas de los productos laminados de acero A se reúnen en la tabla 2. Puede distinguirse claramente que mediante conformación final encauzada en Ar₃ combinada con un enfriamiento controlado en Ar₁ sin recalentamiento previo y el mantenimiento a esta temperatura puede alcanzarse un nivel de propiedad que puede compararse con el de después de la conformación convencional seguido de tratamiento térmico costoso. En este caso pudo reducirse el tiempo de mantenimiento en caliente a la mitad hasta un cuarto de la duración de recocido habitual. El producto puede en este estado puede procesarse en frío.

Tabla 2: Propiedades mecánicas de los productos laminados de acero A

	Ejemplo de comparación 1	Ejemplo 1	Ejemplo 2
Resistencia a la tracción R _M [MPa]	375	395	392
Estricción de rotura Z [%]	76,0	75,8	74,2

35

Ejemplo de comparación 2 (estado de la técnica)

40 Un acero con la composición química "C" según la tabla 1 se calentó a 1'150 °C y a continuación se laminó en 6 pasadas, ascendiendo el diámetro inicial a 38 mm y el diámetro final a 17,2 mm. Esto corresponde a un grado de conformación total de 80 %. En este caso la temperatura de laminación final era de aproximadamente 980 °C. A continuación el material laminado se enfrió en 5 segundos a aproximadamente de 820 a 970 °C, y después con una velocidad de enfriamiento de 0,3 a 1,9 °C/s a temperatura ambiente. El producto obtenido de esta manera se sometió a continuación a un tratamiento térmico a 680 °C durante 4 horas.

Ejemplo 3

45 Un acero con la misma composición como en el ejemplo de comparación 2 se calentó a 1'150 °C y a continuación se laminó en 4 pasadas, ascendiendo el diámetro inicial a 38 mm y el diámetro final a 23,8 mm. Esto corresponde a un grado de conformación total en la primera conformación en caliente de 60 %. En este caso la temperatura tras la 4ª pasada era de aproximadamente 1'020 °C. A continuación el material laminado tras un enfriamiento intensivo en 13 segundos se laminó en 2 pasadas adicionales de 23,8 a 17,2 mm. Esto corresponde a un grado de conformación total en la conformación final de 47 %. En este caso la temperatura de laminación final ascendía a 800 °C, lo que se situaba por encima de Ar₃. Después de la última pasada el material laminado se enfrió en 6 segundos a 680 °C, lo

50

cual se sitúa entre Ar_1^b y Ar_1^e , y se dejó durante 2 horas a esta temperatura.

Ejemplo 4

5 Un acero con la misma composición que en el ejemplo de comparación 2 se calentó a 1'150 °C y a continuación se laminó en 4 pasadas, ascendiendo el diámetro inicial a 38 mm y el diámetro final a 23,8 mm. En este caso la temperatura tras la 4ª pasada era de aproximadamente 1'020 °C. A continuación el material laminado tras un enfriamiento intensivo en 13 segundos se laminó en 2 pasadas adicionales de 23,8 a 17,2 mm. La temperatura de laminación final era de 690 °C, lo cual se sitúa por debajo de Ar_3 . Después de la última pasada el material laminado se enfrió en 6 segundos a 680 °C, lo cual se sitúa entre Ar_1^b y Ar_1^e , y se dejó durante 0,5 horas a esta temperatura.

10 La figura 5 representa la estructura de muestras templadas después de la última pasada en función de la temperatura final de laminación. Puede verse que la conformación final en el ejemplo de comparación 2 (véase la figura 5a) y en el ejemplo 3 (véase la figura 5b) tuvo lugar en la austenita metaestable. Por consiguiente esta se realizó en el ejemplo 4 (véase la figura 5c) en el campo de dos fases (γ-a).

Las propiedades mecánicas de los productos laminados de acero C están reunidas en la tabla 3.

Tabla 3: propiedades mecánicas de los productos laminados de acero C

	Ejemplo de comparación 2	Ejemplo 3	Ejemplo 4
Resistencia a la tracción R_M [MPa]	695	685	695
Estricción de rotura Z [%]	60,9	56,6	57,7

15

Consideraciones finales

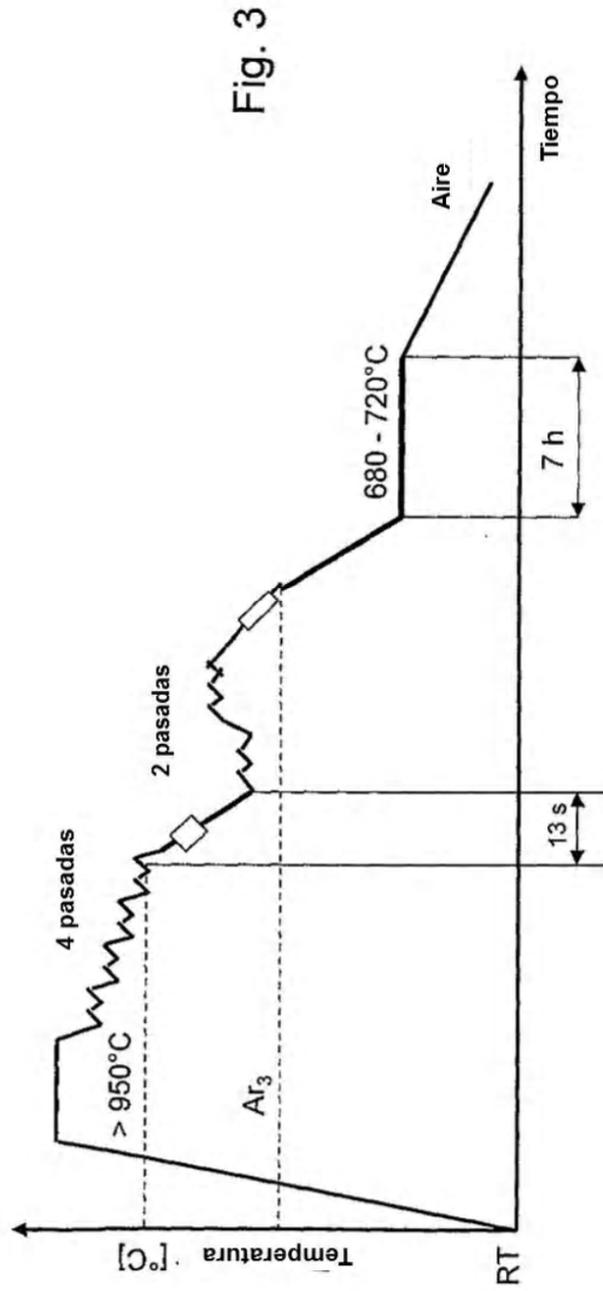
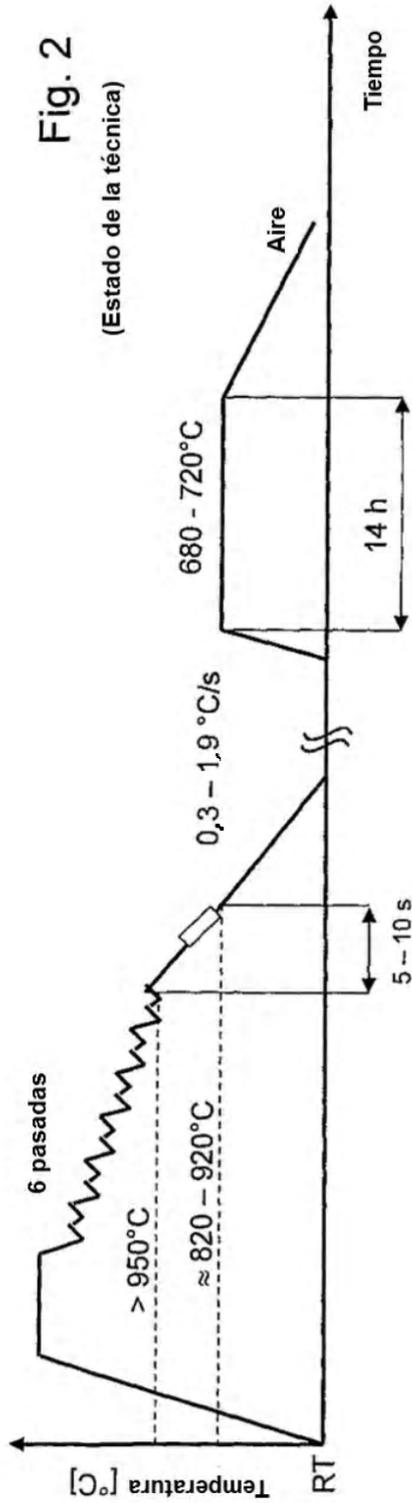
20 Las mediciones comparadas anteriores muestran que la laminación continua con ajuste encauzado de la temperatura de laminación final en Ar_3 combinada con un proceso de enfriamiento modificado de manera encauzada y una temperatura de mantenimiento en caliente seleccionada de manera encauzada lleva a productos cuyas propiedades mecánicas pueden compararse con las de un tratamiento térmico convencional. En particular los productos pueden tratarse adicionalmente en frío sin tratamiento de recocido.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación en continuo de acero en alambre o barras, que incluye las siguientes etapas de procedimiento:

- 5 a) en una primera etapa de procedimiento, un acero con una proporción de peso que consta del 0,02 al 0,65 % de carbono, más del 0 hasta el 0,15 % de silicio, del 0,25 al 1,5 % de manganeso, hasta el 0,035 % de fósforo, hasta el 0,004 % de azufre, más del 0 hasta el 0,5 % de molibdeno, más del 0 hasta el 1,7 % de cromo, más del 0 hasta el 0,25 % de cobre, hasta el 0,008 % de boro, más del 0 hasta el 0,2 % de níquel, hasta el 0,25 % de vanadio, más del 0 hasta el 0,026 % de aluminio, así como otras mezclas adicionales habituales en el acero, se calienta a de 1.050 hasta 1.200 °C, a continuación se lleva a cabo una primera conformación en caliente mediante laminación a una temperatura por encima de la temperatura de recristalización, ascendiendo el grado de conformación total en la primera conformación en caliente a al menos el 60 %;
- 10 b) en una segunda etapa de procedimiento, el material laminado se enfría por debajo de la temperatura de recristalización y después se efectúa una conformación final a una temperatura en el intervalo de la austenita no recristalizada, en donde el enfriamiento se lleva a cabo de tal manera que en el material laminado antes de la conformación final se impide un posible crecimiento de granos de la austenita y en donde el grado de conformación total en la conformación final asciende a al menos el 30 %; y
- 15 c) en una tercera etapa de procedimiento, el material laminado se enfría sin recalentamiento hasta una temperatura de mantenimiento en caliente en el intervalo de A_{r1}^b a A_{r1}^e alrededor de la temperatura A_{r1} y se deja durante un tiempo de mantenimiento en caliente a dicha temperatura de mantenimiento en caliente.
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el acero presenta una proporción de peso del 0,02 al 0,2 % de carbono y hasta el 0,15 % de silicio, del 0,25 al 1,0 % de manganeso, hasta el 0,025 % de fósforo, hasta el 0,004 % de azufre, hasta el 0,25 % de molibdeno, hasta el 0,1 % de cromo, hasta el 0,25 % de cobre, hasta el 0,008 % de boro, hasta el 0,2 % de níquel, hasta el 0,026 % de aluminio y hasta el 0,1 % de vanadio y porque la temperatura de mantenimiento en caliente se sitúa esencialmente en A_{r1}^e .
- 25 3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el acero presenta una proporción de peso del 0,2 al 0,65 % de carbono y hasta el 0,15 % de silicio, del 0,25 al 1,0 % de manganeso, hasta el 0,035 % de fósforo, hasta el 0,004 % de azufre, del 0,25 hasta el 0,50 % de molibdeno, hasta el 1,7 % de cromo, hasta el 0,25 % de cobre, hasta el 0,2 % de níquel, hasta el 0,026 % de aluminio y hasta el 0,1 % de vanadio y porque la temperatura de mantenimiento en caliente se sitúa en el intervalo de A_{r1}^b a A_{r1}^e .
- 30 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** la conformación final se lleva a cabo a una temperatura de como máximo $A_{r3} + 60$ °C.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** la conformación final se lleva a cabo a una temperatura en el intervalo de A_{r1} a A_{r3} , con la condición de que la temperatura de conformación final no sea inferior a 690 °C.

35



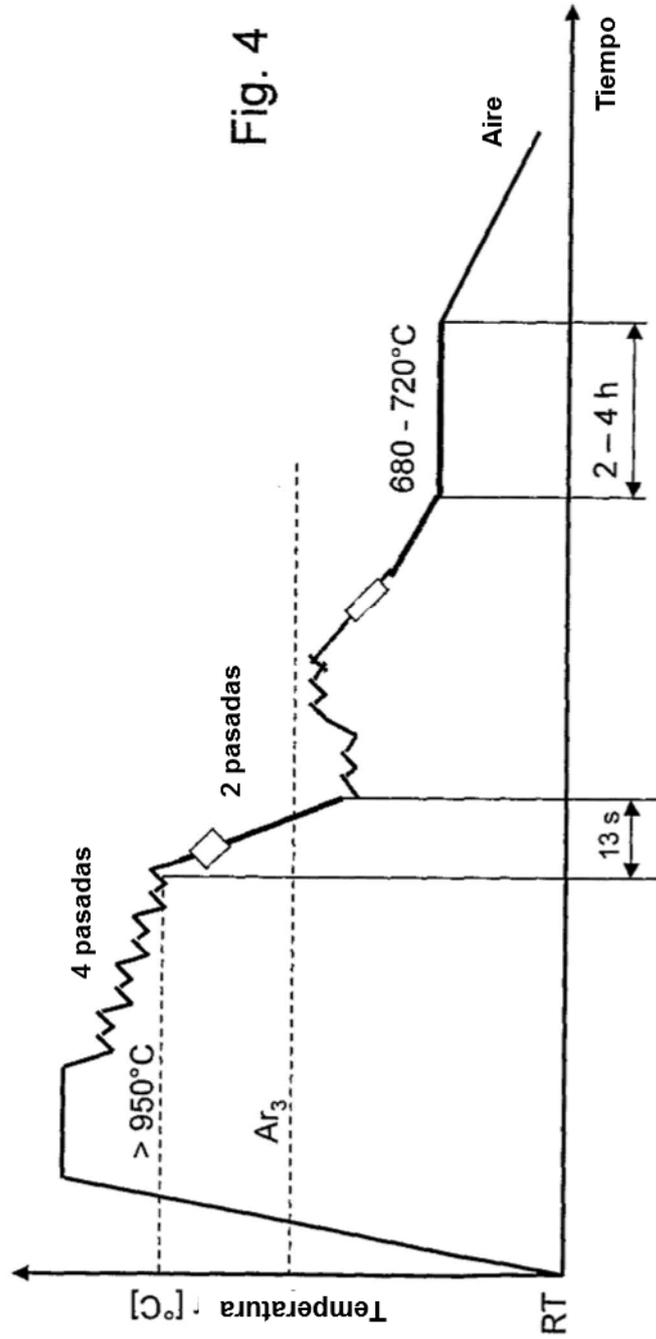
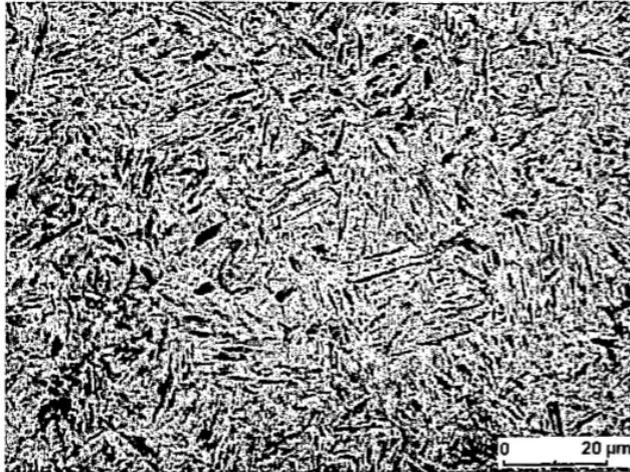
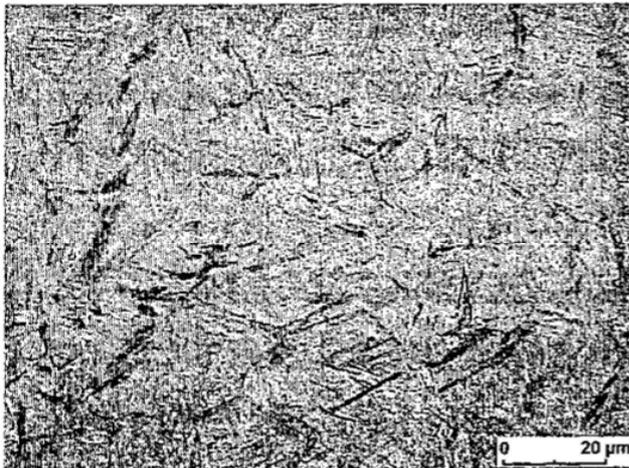


Fig. 4



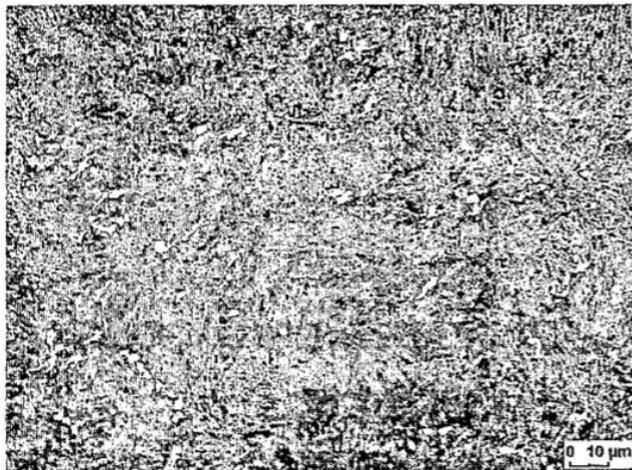
$T_{\text{final}} = 980^{\circ}\text{C}$

Fig. 5a



$T_{\text{final}} = 800^{\circ}\text{C}$

Fig. 5b



$T_{\text{final}} = 690^{\circ}\text{C}$

Fig. 5c